

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ЗДОРОВЬЕ ТКАНЕЙ ЗУБОВ

*Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул
кафедра биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии*

Родионова Ксения Андреевна, Гришкова Анастасия Викторовна

*Научный руководитель: Гришкова Анастасия Викторовна, д. б. н., доцент,
доцент кафедры биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии*

Аннотация. Микроэлементы, представляя минеральный остов зубных тканей, играют огромную роль в формировании их здоровья. Структура эмали, которая является самой твердой тканью в организме человека, содержит в своем составе до 96% минералов, определяющих ее устойчивость к внешним воздействиям. Дентин содержит до 70%, а цемент, по разным данным, от 46% до 60% минеральных веществ. Определяющее значение в формировании прочной структуры зубной ткани имеет четкий баланс целого комплекса микроэлементов, изменение которого неизбежно приведет к нарушению целостности зубных тканей. Чтобы восполнить потребности организма для поддержания этого баланса, следует применять персонализированный системный подход. В статье, помимо анализа источников по теме исследования, приведены также клинические случаи негативных последствий от применения стоматологического наркоза у детей, что ставит под сомнение оправданность его применения при отсутствии жизненных показаний или при лечении состояний, основанных на диагностической ошибке.

Ключевые слова: микроэлементы, минерализация зубной ткани, деминерализация эмали, реминерализация эмали, налет Пристли, антагонизм микроэлементов в минерализации эмали.

Введение

Микроэлементы, представляя минеральный остов зубных тканей (эмали, дентина, цемента), имеют огромное значение в формировании их прочности и, следовательно, здоровья зубов. Распространено мнение, что для поддержания крепкой эмали необходим кальций. Но важно понимать, что только одного микроэлемента недостаточно для выполнения этой функции. Дополнительно важную структурообразующую роль играет фосфор и целый ряд других минералов. Кроме того, известно, что для правильного усвоения кальция необходимо достаточное количество витаминов D₃ и K₂.

Определяющее значение в формировании прочной структуры зубной ткани имеет четкий баланс целого комплекса микроэлементов, изменение которого неизбежно приведет к нарушению целостности зубных тканей. Как восполнить потребности организма для поддержания этого баланса? В основе этого должен лежать персонализированный системный подход. Актуальность более детального изучения информации о функциях, балансе и клиническом значении основных микроэлементов, участвующих в формировании прочной зубной ткани, оптимальных источниках микроэлементов в продуктах питания и сочетании их в рационе человека, путях локальной реминерализации зубной ткани, антагонизме микроэлементов в минерализации эмали, является неоспоримой.

Цель исследования: изучение влияния микроэлементов на здоровье зубов человека.

Материалы и методы

Анализ отечественной и зарубежной литературы по теме исследования. Анализ клинических случаев в детской стоматологии.

Результаты и обсуждение

Основные микроэлементы: функции, баланс и клиническое значение

1. Кальций

Одна из самых основных функций этого минерала – структурно-архитектоническая. Кальций, в паре с фосфат-ионами, формирует

кристаллическую решетку гидроксиапатита – основной минеральной фазы эмали (96-97%) и дентина (70%). Без адекватного поступления ионов кальция формирование полноценной кристаллической матрицы становится невозможным, что приводит к структурной незрелости эмали, ее повышенной пористости и уязвимости.

Однако одного лишь адекватного системного поступления кальция недостаточно для эффективной минерализации тканей зуба. Чтобы ионы кальция не выводились почками или не депонировались эктопически (в стенках сосудов), а целенаправленно включались в кристаллическую решетку дентина и эмали, необходимо протекание целого ряда биохимических процессов.

Этот процесс обеспечивается двумя ключевыми регуляторами:

1. Витамин D₃ (холекальциферол) – обеспечивает всасывание кальция в кишечнике и стимулирует синтез белка-носителя остеокальцина (белка, интегрирующего кальций в костную ткань).

2. Витамин K₂ (менахинон) – активирует (карбоксилирует) остеокальцин, превращая его в функциональную молекулу с высоким сходством с ионами кальция. Активированный остеокальцин выполняет роль «молекулярного курьера», обеспечивающего точечную доставку и фиксацию кальция именно в костной ткани и дентине, защищая сосуды от кальцификации и, следовательно, препятствуя риску развития атеросклероза.

Таким образом, оптимальной является стратегия совместного потребления продуктов, содержащих кальций, витамин D₃ и витамин K₂. Например, творог или натуральный йогурт (кальций) со сметаной или яичным желтком (источники витамина D₃) и твердым сыром (источник витамина K₂). Листовая зелень (кальций, витамин K₁) с жирной рыбой (витамин D₃) [7].

Такой синергичный пищевой подход обеспечивает максимальную биодоступность кальция для реминерализации эмали и дентина, минимизируя риски его эктопического отложения.

Для пациентов с риском сердечно-сосудистых заболеваний и болезней почек приоритетна *локальная реминерализация*: прямой метод восстановления эмали с помощью биоактивного кальция (нано-гидроксиапатит, CPP-ACP), который действует только в месте нанесения, не всасываясь в организм. Пример – инновационная паста **Apadent** (страна производства – Япония) [8].

Ключевая технология. В ее основе – нано-гидроксиапатит медицинского класса, который является точной копией природного минерала зуба, но в 50–100 раз мельче. Этот размер – его главное преимущество, позволяющее работать на микроуровне.

Механизм действия: 1) наночастицы глубоко заполняют микроповреждения и поры в эмали; 2) они интегрируются в ее структуру, эффективно «латая» зоны деминерализации (белые пятна) и снижая чувствительность; 3) создают прочный, гладкий минеральный слой, препятствующий прикреплению бактерий.

Основная задача: лечение начального кариеса (стадия белого пятна); эффективная защита и укрепление эмали, особенно при повышенном риске (брекеты, чувствительность, сухость во рту); безопасная альтернатива для ежедневного использования в дополнение или вместо фторсодержащих средств [8].

Растительные источники кальция в диете (капуста кале, брокколи, кунжут) – их более низкая способность усваиваться снижает риск гиперкальциемии.

Обязательный витамин K₂ – активирует матричный Gla-белок (MGP), который защищает сосуды от кальцификации, направляя кальций в костную ткань.

2. Фосфор

Кальций и фосфор образуют биохимически нерушимую пару, фундаментальную для формирования и сохранения тканей зуба. Их взаимодействие детерминировано формулой гидроксиапатита (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂), где оба элемента выступают обязательными

структурными компонентами. Без достаточного количества фосфат-ионов процесс минерализации эмали и дентина становится невозможным – кальций, лишенный своего синергиста, не способен интегрироваться в кристаллическую решетку. В такой ситуации он сохраняет ионную форму, что приводит к его нецелевому циркулированию в плазме крови с последующим риском эктопической кальцификации мягких тканей или экскреции.

Однако избыток фосфора, характерный для рациона с высоким содержанием обработанных продуктов, запускает опасный метаболический сценарий. Организм, стремясь вывести излишки фосфора, активирует гормональный ответ, который провоцирует вымывание кальция непосредственно из костных депо, включая челюстную кость и зубы. Таким образом, именно строгое динамическое равновесие в соотношении Са:Р, а не абсолютное количество каждого из элементов, является ключом к эффективной реминерализации и долговечности зубных тканей [9].

Для поддержания оптимального соотношения Са:Р ($\approx 1:1 - 1,5:1$) важно выбирать продукты, которые содержат фосфор в биодоступной форме без избытка фосфатных добавок.

1) Оптимальные источники фосфора (с естественным балансом):

- животные белки: мясо, птица, рыба, яйца;
- молочные продукты: творог, сыр, йогурт, кефир (содержат одновременно кальций и фосфор в хорошей пропорции);
- рыбные консервы с костями: сардины, лосось (лидеры по сбалансированному содержанию Са, Р и витамина D₃);
- орехи и семена: тыквенные семечки, бразильский орех, миндаль, кунжут;
- бобовые: чечевица, нут, фасоль (после замачивания и варки);
- цельные злаки: гречневая и овсяная крупы, киноа.

2) Источники риска (с избытком фосфатных добавок E338-E343), которые следует ограничивать, так как они резко нарушают баланс Са:Р:

- кола и сладкая газированная вода (ортофосфорная кислота E338);
- колбасы, сосиски, мясные деликатесы;
- плавленые сыры и сырные продукты;
- фаст-фуд и готовые соусы;
- многие сухие завтраки и выпечка промышленного производства [5].

3. Железо

Прием жидких препаратов железа в педиатрической практике и/или женщинами во время вынашивания беременности могут провоцировать образование специфического темного пигментированного налета в пришеечной области зубов у детей. К такому же результату может приводить профессиональный контакт с железосодержащими аэрозолями (у сварщиков, металлургов). Данное окрашивание представляет собой результат биохимической реакции – осаждения сульфида железа при взаимодействии ионов металла с летучими сернистыми соединениями, продуцируемыми микрофлорой полости рта.

Эффективность современных стоматологических вмешательств, в особенности профилактических и реминерализующих, напрямую зависит от точной диагностики состояния эмали. Серьезной проблемой в клинической практике, особенно в детской стоматологии, является гипердиагностика кариеса. Часто за кариозные поражения ошибочно принимаются некариозные изменения, такие как налет Пристли – безвредная бактериальная пигментация, не требующая лечения [10].

Опасность такой ошибки многократно возрастает, когда для лечения мнимого кариеса выбираются агрессивные тактики. В частности, речь идет о практике проведения стоматологических вмешательств у детей под общей анестезией (наркозом) с использованием севофлурана. Хотя этот метод позволяет провести лечение быстро и комфортно, он сопряжен с существенными рисками для здоровья ребенка. Зафиксированы случаи тяжелых осложнений и даже летальных исходов у детей после стоматологического наркоза, что ставит под сомнение оправданность его применения при отсутствии жизненных показаний или при лечении

состояний, основанных на диагностической ошибке. В 2024 году в Астане трехлетняя девочка умерла после лечения зубов под анестезией с препаратом «Севоран». 30 октября в клинике Dent Park Ortho ребенку 2021 года рождения сделали наркоз на четыре с половиной часа, чтобы пролечить 18 зубов. У девочки остановилось сердце во время пробуждения, реанимация не дала результата, и она скончалась [11]. 9 июля 2025 года в Одинцово умер ребенок, впавший в кому после лечения зубов. Четырехлетний мальчик скончался после осложнений во время лечения зубов под наркозом [12]. Отметим, что это далеко не полный список.

Таким образом, приведенные данные подчеркивают критическую важность проведения тщательной и дифференцированной диагностики. Только точная верификация состояния эмали позволяет выбрать адекватную и безопасную тактику, исключая неоправданные риски, связанные с гипердиагностикой и последующим избыточным лечением.

Дифференциальная диагностика налета Пристли и кариеса

Налет Пристли (железосодержащий) – это поверхностное окрашивание. Локализация: чаще у десневого края (шейки зубов), на язычной и вестибулярной поверхностях. Внешний вид: от темно-коричневого до черно-зеленого, матовое, равномерное пятно. Структура: мягкий, снимается профессиональной гигиеной (щеткой, ультразвуком) без повреждения эмали. Проба: при зондировании зонд скользит по гладкой, твердой поверхности эмали под налетом. Витальное окрашивание (кариес-детекторы) отрицательное.

Кариес – это деструкция ткани. Локализация: в типичных зонах (фиссуры, контактные поверхности, пришеечная область). Внешний вид: от мелово-белого (очаг деминерализации) до желто-коричневого, часто шероховатое при зондировании. Структура: эмаль в очаге поражения размягчена, зонд может задерживаться или отмечать шероховатость. Проба: витальное окрашивание (например, метиленовым синим) часто положительное в зоне деминерализованной, пористой эмали.

Коррекция дефицита железа с учетом стоматологического профиля: при необходимости терапии предпочтение следует отдавать современным хелатным формам (бисглицинат, липосомальное железо), обладающим высокой биодоступностью и минимизирующим контакт активных ионов с эмалью, а также пероральным формам в виде капсул или таблеток, проглатываемых без разжевывания, что сводит к минимуму риск образования пигментированного налета.

Продукты – источники железа для оптимального усвоения

Лучшие источники (гемовое железо – высокая усвояемость 15-35%):

- мясные субпродукты: печень (говяжья, куриная), сердце, язык;
- красное мясо: говядина, телятина, баранина;
- мясо птицы и рыба: индейка (темное мясо), утка, тунец, сардины, моллюски (мидии, устрицы);

Хорошие источники (негемовое железо – усвояемость 2-20%, зависит от комбинаций):

- бобовые: чечевица, нут, фасоль белая и красная, соя (тофу);
- семена и орехи: тыквенные семечки, кунжут (тахини), кешью, фисташки, семена конопли;
- цельнозерновые и крупы: гречневая, киноа, овсяные хлопья, амарант, обогащенные железом хлопья для завтрака;
- овощи и зелень: шпинат, мангольд, топинамбур, брокколи.

Ключевые синергисты (усилители усвоения негемового железа): витамин С (аскорбиновая кислота), фолиевая кислота (витамин В₉) и витамин В₁₂.

Витамин С (аскорбиновая кислота) резко увеличивает усвоение негемового железа. Варианты употребления: полить лимонным соком гречку или салат из шпината, съесть болгарский перец с чечевицей, выпить стакан апельсинового сока после приема пищи, богатой железом.

Фолиевая кислота (витамин В₉) и витамин В₁₂: участвуют в синтезе эритроцитов. Источники: печень, листовая зелень, авокадо, яйца [2, 6, 13].

4. Стронций

Стронций – это микроэлемент с интересным двойным действием на зубы.

Помощь эмали: естественная защита от кислот. Благодаря своему строению, ионы стронция могут встраиваться в минеральную решетку эмали вместо кальция. Образовавшийся стронциевый апатит оказывается даже более устойчивым к действию кислот, чем обычная эмаль или даже фторированная. Это объясняет, почему в регионах с повышенным содержанием стронция в воде (например, на Урале) люди реже страдают от кариеса [4].

Лекарственное применение: борьба с чувствительностью. Это же свойство – «запечатывать» минеральные структуры – используется в стоматологии. Соли стронция (например, хлорид стронция) входят в состав специальных зубных паст от чувствительности. Они работают как микроскопическая «пломба»: ионы стронция проникают в открытые дентинные каналы (микротрубочки в зубе, вызывающие боль от холодного или кислого) и надежно их блокируют, снимая неприятные ощущения.

Важный нюанс: мера важна. Однако избыток стронция, особенно его опасных радиоактивных форм, делает кости и зубы хрупкими. Поэтому в природе или в виде лекарства он полезен только в малых, контролируемых количествах [14].

Стронций не является нутриентом, который необходимо целенаправленно «добирать» с пищей. Его поступление в организм происходит фоновое и зависит от геохимических особенностей региона. Целенаправленное обогащение рациона этими продуктами не рекомендуется из-за невозможности контроля дозы и риска дисбаланса с кальцием.

5. Фтор

Токсический порог и флюороз

Парадокс фтора заключается в узком терапевтическом окне. Его избыток, особенно в период созревания эмали (до 6-8 лет), токсичен для амелобластов – клеток, формирующих эмаль. Нарушение их функции приводит к флюорозу: гипоплазии эмали с характерной последовательностью изменений от меловидных пятен до пигментированных дефектов и эрозий. Пораженная флюорозом эмаль, хотя и обладает повышенной кислотоустойчивостью, теряет эстетику и механическую прочность.

Возможны разные способы применения фтора: от системных (фторирование воды, соли, прием таблеток), влияющих на формирование зуба изнутри в детском возрасте, до местных (пасты, гели, лаки, ополаскиватели), обеспечивающих прямую защиту поверхности эмали на протяжении всей жизни [15].

Таблица 1

Положительные и отрицательные стороны от применения фтора

Способ применения	Плюсы (+)	Минусы (-)
МЕСТНЫЙ (паста, гели, лаки)	<p>Низкий риск передозировки – концентрация на поверхности, почти не всасывается.</p> <p>Эффективен против кариеса – укрепляет эмаль.</p> <p>Действует в любом возрасте – защита работает всю жизнь.</p>	<p>Локальный эффект – защищает только там, куда нанесен.</p>
СИСТЕМНЫЙ (вода, таблетки, соль)	<p>Не требует усилий – человек автоматически получает фтор из воды/пищи.</p>	<p>Высокий риск передозировки – накапливается в организме.</p> <p>Работает только в детстве (примерно 6-10 лет) – пока идет формирование эмали.</p> <p>Доза для всех одинакова – не учитывает, сколько фтора человек получает из других источников.</p> <p>Ведет к флюорозу – основная причина появления пятен и повреждений эмали у детей.</p>

Интересные факты, связанные с фтором:

1. Эмаль акул содержит фторапатит (а не гидроксиапатит, как у человека) от природы. Это делает ее невероятно устойчивой к кислотам морской среды и, вероятно, к кариесу. Это пример естественной «фторированной» эмали [16].

2. Постоянное потребление кислых напитков (спортивных, лимонадов) создает хроническую кислотную нагрузку, которая потенцирует деминерализацию и может нивелировать защитный эффект фтора.

Прямыми пищевыми источниками фтора являются чай (особенно черный и зеленый), морская рыба (скумбрия, лосось) и фторированная вода или соль. Однако их содержание в продуктах сильно варьирует.

Для максимального эффекта укрепления эмали фтору нужны синергисты – элементы, которые создают основу для реминерализации. Их лучше получать из другой пищи: кальций и фосфор – из творога, сыра, кунжута, рыбы с костями; магний – из орехов, семян, зеленых листовых овощей; витамин D – из жирной рыбы, яичного желтка, или синтезировать на солнце.

Антагонизм микроэлементов: скрытые конфликты, влияющие на здоровье полости рта

Взаимодействие микроэлементов в организме напоминает сложную игру, где одни элементы могут блокировать, вытеснять или усиливать действие других. Этот дисбаланс напрямую влияет на минерализацию эмали, состояние пародонта и общее здоровье полости рта.

1. Кальций-фосфор-магний: ключевой треугольник баланса

Антагонизм: избыток фосфора (особенно из газированной воды, колбас с фосфатными добавками E338-E343) является главным врагом кальция и магния.

Механизм: высокий уровень фосфора в крови провоцирует выброс паратгормона, который для выведения излишков фосфора вымывает кальций и магний из костей и зубов. Это основная причина ослабления минеральной плотности эмали при несбалансированном питании.

Рекомендация: ограничивайте продукты с фосфатными добавками; употребляйте фосфор в его естественной форме вместе с кальцием и белком (мясо, рыба, натуральные молочные продукты).

2. Железо и его «блокаторы»

Антагонисты: кальций (в высоких дозах), танины (чай, кофе), полифенолы, фитаты (отруби, бобовые) [3].

Механизм: кальций и железо конкурируют за одни и те же пути всасывания в кишечнике. Стакан молока или таблетка кальция, принятые вместе с пищей, богатой железом, могут свести его усвоение почти к нулю. Танины и полифенолы образуют с железом нерастворимые комплексы.

Рекомендация: принимать препараты железа и есть богатую им пищу (мясо, печень) отдельно от чая, кофе и молочных продуктов (интервал 2-3 часа).

3. Цинк и медь

Антагонизм: высокие дозы цинка (часто из-за бесконтрольного приема БАДов для иммунитета) подавляют усвоение меди.

Механизм: оба элемента используют для транспорта одни и те же белки в слизистой кишечника. Цинк, будучи более активным, вытесняет медь.

Биодоступную медь в значимых количествах содержат гепатоциты печени млекопитающих, семена бобовых и масличных культур, некоторые моллюски и продукты переработки какао-бобов, грибы, темная листовая зелень. Также медь может поступать в организм с водой, которая хранится в медной посуде. Чтобы микроэлемент лучше усваивался, его полезно сочетать с витамином С (содержится в болгарском перце, цитрусовых, черной смородине).

Рекомендация: при приеме высоких доз цинка (в виде БАД) ограничьте одновременное употребление добавок меди и выдерживайте интервал в 2-3 часа между их приемом, чтобы предотвратить дефицит меди, ведущий к слабости десен.

4. Стронций и кальций: опасное замещение

Антагонизм: стронций конкурирует с кальцием за включение в костную ткань и эмаль [1].

Механизм: при дефиците кальция организм начинает использовать химически похожий стронций в качестве «заменителя», формируя менее прочный стронциевый апатит.

Рекомендация: главная защита – достаточное потребление кальция и магния (молочные продукты, кунжут, зелень), которое предотвратит нежелательное замещение.

5. Фтор и кислоты: контекстуальный антагонизм

Антагонизм: пищевые кислоты (лимонная, ортофосфорная, желудочная) не являются прямыми антагонистами фтора, но сводят на нет его реминерализующий эффект.

Механизм: кислоты вымывают кальций и фосфаты из эмали, создавая деминерализацию. В условиях постоянной кислотной атаки фтор не успевает запустить процесс восстановления.

Рекомендация: после употребления кислых продуктов/напитков (цитрусовые, газированная вода, вино) не чистите зубы сразу (в течение 30 минут), а прополощите рот водой или щелочным ополаскивателем с кальцием для нейтрализации среды.

Заключение

Проведенный анализ роли микроэлементов в здоровье полости рта демонстрирует, что их влияние выходит далеко за рамки простого «укрепления». Каждый элемент – кальций, фосфор, фтор, железо, цинк, магний, стронций – функционирует как часть сложной и динамичной системы, где синергия и антагонизм определяют конечный клинический результат. Здоровье эмали и тканей пародонта зависит не столько от абсолютного количества поступающих микроэлементов, сколько от точного баланса между ними. Пациентам пожилого возраста с ИБС или гипертонией не следует назначать препараты кальция в силу нежелательных осложнений здоровья по основному диагнозу.

Таким образом, современная превентивная стоматология должна основываться на персонализированном и системном подходе:

1. Приоритет локальной доставки микроэлементов (кальций-фосфатные и фторсодержащие пасты, гели) для прямого воздействия на эмаль без системных рисков, особенно у пациентов с кардиологическими и нефрологическими патологиями.

2. Коррекция диеты, направленная не на максимизацию отдельных нутриентов, а на обеспечение их синергичных сочетаний (кальций + витамин D₃ и K₂; железо + витамин C) и временное разделение антагонистов.

3. Междисциплинарное взаимодействие стоматолога с терапевтом, диетологом и узкими специалистами для учета общего соматического статуса пациента при назначении любой микроэлементной поддержки.

Только такой комплексный взгляд, рассматривающий полость рта как неотъемлемую часть целостного организма, позволяет использовать мощный потенциал микроэлементов для эффективной и, что критически важно, безопасной профилактики стоматологических заболеваний.

Список литературы:

1. Вавилова Т.П. Биохимия тканей и жидкостей полостей рта: учебное пособие / 20-е изд., испр. и доп. 2008. – 208 с.: ил.

2. English K., Uwibambe C., Daniels P., Dzukey E. Scoping review of micronutrient imbalances, clinical manifestations, and interventions. *World J Methodol.* 2025; 15(4): 107664 [PMID: 40900846 <https://doi.org/10.5662/wjm.v15.i4.107664>].

3. Lönnerdal Bo. Calcium and iron absorption-mechanisms and public health relevance. *Int J Vitam Nutr Res.* 2010. 80(4-5): 293-9. PMID: 21462112. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000036>.

4. Mohamed M.A., Sayed O., Kay Lung K.I., et al. Applications of Bioactive Strontium Compounds in Dentistry. *J Funct Biomater.* 2024; 15 (8): 216. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jfb15080216>.

5. Проект Роспотребнадзора «Здоровое питание»: Источники фосфора в продуктах [Электронный ресурс]. URL: <https://77.rospotrebnadzor.ru/index.php/press-centr/186-press-centr/14514-istochniki-fosfora-v-produktakh-03-08-2025> (дата обращения 05.12.2025).

6. Hallberg L. Iron requirements and bioavailability of dietary iron. *Experientia Suppl.* 1983; 44: 223-44. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6540-1_13

7. Лаборатория «ДНКом»: Витамин Д3 и К2: стоит ли принимать их вместе? [Электронный ресурс]. URL: <https://dnkom.ru/o-kompanii/stati/diagnostika-v-detalyakh/vitamin-d3-i-k2-stoit-li-prinimat-ikh-vmeste/> (дата обращения 26.01.2026).

8. «Apadent» специалистам: Восстановление поверхностного слоя эмали [Электронный ресурс]. URL: <https://apadent.ru/specialistam/> (дата обращения 28.11.2025).

9. Медицинский центр «ЭндоМедЛаб»: Нарушения фосфорно-кальциевого обмена [Электронный ресурс]. URL: https://medcentr-endomedlab.ru/endokrinologija/fosforno-kalcievyj_obmen.html (дата обращения 28.11.2025).

10. Стоматология «Созвездие»: Почему от железа чернеют зубы? Причины и решения проблемы [Электронный ресурс]. URL: <https://созвездие-стоматология.рф/articles/pochemu-ot-zheleza-cherneyut-zuby/#win2> (дата обращения 05.12.2025).

11. Комсомольская правда: 3-летняя девочка умерла прямо в кресле стоматолога [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kp.ru/daily/27749.5/5178063/> (дата обращения 05.12.2025).

12. Москва онлайн: 4-летний ребенок в Подмосковье умер после похода к стоматологу [Электронный ресурс]. URL: <https://msk1.ru/text/incidents/2025/07/09/75701840/> (дата обращения 05.12.2025).

13. Lynch S.R., Cook J.D. Interaction of vitamin C and iron. *Ann N Y Acad Sci.* 1980; 355: 32-44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1980.tb21325.x>.

14. Инвитро: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://www.invitro.by/analizes/for-doctors/bobrujsk/709/4091/> (дата обращения 12.12.2025).

15. Пересмотр до- и пострезортового механизмов противокариозного действия фтора [Электронный ресурс]. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10086928/> (дата обращения 23.01.2026).

16. Акулы не страдают от кариеса из-за уникальной структуры зубов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pravda.ru/news/science/1123120-shark/> (дата обращения 23.01.2026).

Информация об авторах:

Родионова Ксения Андреевна, студентка 1 курса института стоматологии.

Гришкова Анастасия Викторовна, д.б.н., доцент, доцент кафедры биологии, гистологии, эмбриологии и цитологии (научный руководитель).

Родионова К. А., Гришкова А. В. Микроэлементы и здоровье тканей зубов. *Scientist*. 2026; 1 (32): 80-95.
